

JP2000-162538

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily make the area of a driving frame and the torsional moment of the driving frame large and to drive a mirror part at a desired scanning angle at low voltage by providing the driving frame coupled with the middle part of a twisted beam and formed on the outside of a frame to be driven and a driving electrode to which driving voltage for driving the driving frame is applied.

SOLUTION: This device is provided with three driving frames 7 coupled with the middle part of the twisted beam 3 and respectively separately formed on the outside of the frame to be driven, and the driving electrodes 9a to 9f which are formed at the distance of a gap (go) from the frame 7 and to which the voltage is applied in the case of driving the frame 7 by electrostatic force. Plural kinds of driving voltage Va to Vc having the same prescribed frequency are respectively applied to the electrodes 9a to 9c and plural kinds of driving voltage Vd to Vf having an opposite phase are respectively applied to the electrodes 9d to 9f. Then, the respective frames 7 are driven at the respective angles of torsion  $\theta_a$  to  $\theta_c$  and the frame to be driven is driven at the scanning angle  $\theta_s$  being the total sum of the angles of torsion  $\theta_a$  to  $\theta_c$ .

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-162538

(P2000-162538A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 26/10

識別記号

1 0 4

F I

G 0 2 B 26/10

テーマコード(参考)

1 0 4 Z 2 H 0 4 5

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-339970

(22) 出願日 平成10年11月30日 (1998. 11. 30)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 番 政広

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(72) 発明者 紺野 伸顕

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三  
菱電機株式会社内

(74) 代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

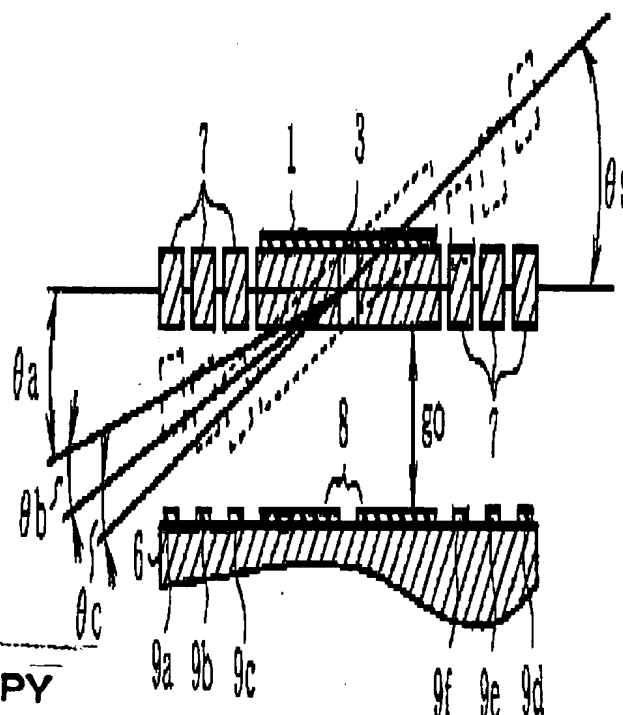
Fターム(参考) 2H045 AB16 AB24 AB81

(54) 【発明の名称】 マイクロミラー装置

(57) 【要約】

【課題】 ミラー部の走査角度を制御可能な状態で大きくすることが困難であった。

【解決手段】 所定の同一周波数の駆動電圧  $V_a \sim V_c$  が駆動電極  $9a \sim 9c$  にそれぞれ印加されるとともに、その駆動電圧  $V_a \sim V_c$  と逆相の駆動電圧  $V_d \sim V_f$  が駆動電極  $9d \sim 9f$  に印加される。また、駆動フレーム 7 の電位は接地電位に設定される。このように駆動電圧  $V_a \sim V_f$  を印加すると、各駆動フレーム 7 がそれぞれのねじれ角  $\theta_a \sim \theta_c$  で駆動し、被駆動フレーム 2 は、それらのねじれ角の総和の走査角度  $\theta_s$  で駆動される。



NOT AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被駆動フレームに形成されたミラー部と、前記被駆動フレームの中央延長上に形成されたねじれ梁と、前記ねじれ梁の端部を支持し、基板に固定するアンカー部とを備えたマイクロミラー装置において、前記ねじれ梁の中間部に結合され、前記被駆動フレームの外側に形成された駆動フレームと、前記駆動フレームを駆動する駆動電圧を印加される駆動電極とを備えることを特徴とするマイクロミラー装置。

【請求項 2】 少なくとも 2 つの駆動フレームが並列にねじれ梁の中間部に結合されたことを特徴とする請求項 1 記載のマイクロミラー装置。

【請求項 3】 動的吸振効果の生ずる周波数の駆動電圧を駆動電極に印加することを特徴とする請求項 1 記載のマイクロミラー装置。

【請求項 4】 駆動フレームと基板との距離が被駆動フレームと基板との距離より短いことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のうちのいずれか 1 項記載のマイクロミラー装置。

【請求項 5】 ミラー部は、被駆動フレームの基板側の面、または両面に形成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のうちのいずれか 1 項記載のマイクロミラー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、例えば光走査式の形状認識センサ、バーコードリーダ、レーザプリンタ用のスキャニングミラーなどにおいて光ビームを走査させるときに使用されるマイクロミラー装置に関するものである。

【0002】

$$\sin(\theta_{\text{smax}}) = g_0 / L$$

ただし、 $L$  は、図 10 に示すように被駆動フレーム 2 の中央部から端部までの距離である。例えば、 $L$  が 1 ミリメートルであるときに、最大走査角度  $\theta_{\text{smax}}$  を 15 度とするには、ギャップ  $g_0$  を 259 マイクロメートルとする。

【0006】 しかしながら、被駆動フレーム 2 の傾き角度が大きくなって、被駆動フレーム 2 と駆動電極 5 との間の距離が小さくなり、かつ、ねじれ梁 3 のねじれ角度が大きくなると、被駆動フレーム 2 と駆動電極 5 との間の静電引力がねじれ梁 3 の復元力を上回り、被駆動フレーム 2 が駆動電極 5 に張り付いてしまう（これをプルイン現象という）。したがって、実際の走査角度  $\theta_s$  は、一般的に最大走査角度  $\theta_{\text{smax}}$  の約 2 分の 1 以下の範囲で制御される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 従来のマイクロミラー装置は以上のように構成されているので、プルイン現象に起因して最大走査角度  $\theta_{\text{smax}}$  を大きくすることが

【従来の技術】 図 9 は例えば LASER DISPLAY TECHNOLOGY (J. Kaener t ら著、IEEE Micro Electro Mechanical Systems '98、第 99 頁～第 104 頁) に記載の従来のマイクロミラー装置の構成例を示す正面図であり、図 10 は、図 9 のマイクロミラー装置の A-A 線における断面図である。

【0003】 図において、1 は被駆動フレーム 2 の 1 面に形成されたミラー部であり、2 は中央を軸として回転される被駆動フレームであり、3 は被駆動フレーム 2 に中央延長上に形成されたねじれ梁であり、4 はねじれ梁 3 を支持し、支持基板 6 に固定されたアンカー部であり、5 は被駆動フレーム 2 からギャップ  $g_0$  の距離に形成され、被駆動フレーム 2 を静電力で駆動する際に電圧を印加される 2 つの駆動電極であり、6 は支持基板である。なお、被駆動フレーム 2、ねじれ梁 3 およびアンカー部 4 は例えば単結晶シリコン、ポリシリコン、鍍金ニッケルで形成され、支持基板 6 はシリコンやガラスで形成される。

【0004】 次に動作について説明する。駆動電極 5 のうちの一方に電圧を印加すると、被駆動フレーム 2 と駆動電極 5 との間の電位差および静電容量に応じた静電引力が発生し、被駆動フレーム 2 が中央部を軸として回転し、ミラー部 1 は角度（走査角度） $\theta_s$  だけ傾く。例えば、2 つの駆動電極 5 に互いに位相が 180 度異なる交流電圧を印加することによりミラー部 1 を回転振動させることができる。このようにして、印加電圧に基づいてミラー部 1 の角度が制御され、光ビームが走査される。

【0005】 このマイクロミラー装置では、理論的には式 (1) に示す最大走査角度  $\theta_{\text{smax}}$  まで走査角度  $\theta_s$  を変化させることができる。

$$\dots (1)$$

困難であるなどの課題があった。なお、ギャップ  $g_0$  を大きくすることにより、最大走査角度  $\theta_{\text{smax}}$  を大きくすることは可能であるが、その場合、印加電圧に高電圧が必要になり、装置の実現が困難になる。例えばギャップ  $g_0$  が 259 マイクロメートルである場合には被駆動フレーム 2 を 1 回だけ傾けるために約 500 ボルトの高電圧が必要になる。また、被駆動フレーム 2 のねじれ振動の共振周波数と同一の周波数の交流電圧を印加することにより駆動電圧を若干低下させることはできるが、そのようにしてもなお印加電圧に高電圧が必要になる。

【0008】 この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、ミラー部を有する被駆動フレームと分離して外側に駆動フレームを形成し、駆動フレームのみを安定な角度範囲内で駆動して、駆動面積（静電引力の生ずる面積）および駆動ねじれモーメントを大きくし、低い駆動電圧で、ミラー部の走査角度を制御可能な状態で大きくすることができるマイクロミラー装置を得ることを目的とする。

【0009】また、この発明はミラー部を有する被駆動フレームと分離して外側に駆動フレームを形成し、駆動フレーム動的吸振効果を利用して、駆動フレーム自体のねじれ振動が被駆動フレームの逆相ねじれ振動で抑制されるようにして、駆動フレームと駆動電極との間のギャップを狭くすることにより静電駆動力を大きくすることができ、低い駆動電圧で、ミラー部の走査角度を制御可能な状態で大きくすることができるマイクロミラー装置を得ることを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】この発明に係るマイクロミラー装置は、ねじれ梁の中間部に結合され、被駆動フレームの外側に形成された駆動フレームと、駆動フレームを駆動する駆動電圧を印加される駆動電極とを備えるものである。

【0011】この発明に係るマイクロミラー装置は、少なくとも2つの駆動フレームが並列にねじれ梁の中間部に結合されたものである。

【0012】この発明に係るマイクロミラー装置は、動的吸振効果の生ずる周波数の駆動電圧を駆動電極に印加するものである。

【0013】この発明に係るマイクロミラー装置は、駆動フレームと基板との距離が被駆動フレームと基板との距離より短いものである。

【0014】この発明に係るマイクロミラー装置は、ミラー部が被駆動フレームの基板側の面、または両面に形成されるものである。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の構成例を示す正面図であり、図2は図1のマイクロミラー装置のA-A線における断面図である。図において、1は被駆動フレーム2の表面に、例えば金属膜を鏡面になるように形成されたミラー部であり、2は中央を軸として回転される被駆動フレームであり、3は被駆動フレーム2に中央延長上に形成されたねじれ梁であり、4はねじれ梁3を支持し、支持基板6に固定されたアンカー部であり、6は支持基板である。なお、被駆動フレーム2、ねじれ梁3およびアンカー部4は例えば単結晶シリコン、ポリシリコン、鍍金ニッケルで形成され、支持基板6はシリコンやガラスで形成される。

【0016】7はねじれ梁3の中間部に結合され、被駆動フレーム2の外側にそれぞれ分離して形成された3つの駆動フレームであり、8は被駆動フレーム2からギャップ $g_0$ の距離に形成され、被駆動フレーム2と支持基板6との間の静電容量から被駆動フレーム2の角度 $\theta_s$ を測定する際に使用される2つの容量検出電極であり、9a~9fは、駆動フレーム7からギャップ $g_0$ の距離

に形成され、駆動フレーム7を静電力で駆動する際に電圧を印加される駆動電極である。

【0017】次に動作について説明する。図3は、図1および図2のマイクロミラー装置の駆動電極に印加する駆動電圧の例を示す図である。

【0018】このマイクロミラー装置では駆動時に例えば図3(a)に示す所定のDCバイアス電圧 $V_0$ および所定の同一周波数の駆動電圧 $V_a \sim V_c$ が駆動電極9a~9cにそれぞれ印加されるとともに、同一のDCバイアス電圧 $V_0$ および、駆動電圧 $V_a \sim V_c$ と逆相の駆動電圧 $V_d \sim V_f$ が駆動電極9d~9fにそれぞれ印加される。また、駆動フレーム7の電位は接地電位に設定される。なお、図3(a)では、駆動電圧 $V_a \sim V_c$ の振幅は同一であるが、例えば駆動フレーム7、ねじれ梁3などの機械的特性に応じて所望の回転振動が被駆動フレーム2に得られるように、駆動電圧 $V_a \sim V_c$ の振幅を、それぞれ異なるようにしてもよい。その場合には、駆動電圧 $V_d \sim V_f$ は駆動電圧 $V_a \sim V_c$ のそれぞれ逆相の電圧に設定するようにする。

【0019】このように駆動電圧 $V_a \sim V_f$ を印加すると、各駆動フレーム7がそれぞれのねじれ角 $\theta_a \sim \theta_c$ で駆動し、被駆動フレーム2は、それらのねじれ角 $\theta_a \sim \theta_c$ の総和の走査角度 $\theta_s$ で駆動される。

【0020】このときの被駆動フレーム2のミラー部1の走査角度 $\theta_s$ は、被駆動フレーム2と各容量検出電極8との間の静電容量の変化から検出される。例えばその静電容量値に基づいて駆動電圧 $V_a \sim V_f$ を調節することにより、ミラー部1の走査角度 $\theta_s$ を制御するようにしてもよい。

【0021】以上のように、この実施の形態1によれば、従来のようにミラー部1の形成された被駆動フレーム2を直接駆動する場合に比較して、各駆動フレーム7のねじれ角 $\theta_a \sim \theta_c$ がそれぞれ小さくてもそれらのねじれ角 $\theta_a \sim \theta_c$ の総和が走査角度 $\theta_s$ になるので、大きな走査角度で安定に駆動することができるという効果が得られる。

【0022】また、駆動フレーム7が被駆動フレーム2の外側に形成されるので、静電引力を発生させる面積（駆動フレーム7の面積）および駆動フレーム7のねじれモーメントを簡単に大きくことができ、低電圧で所望の走査角度でミラー部1を駆動することができるという効果が得られる。

【0023】なお、上記実施の形態1においては、駆動フレーム7は3つであるが、2つ以上であればいくつでもよい。また、駆動電圧 $V_a \sim V_f$ は、図3(a)に示すものに限定されるものではなく、例えば図3(b)に示すようなものでもよい。

【0024】実施の形態2. 図4はこの発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置の構成例を示す正面図であり、図5は図4のマイクロミラー装置のA-A線にお

ける断面図である。図において、7 Aはねじれ梁3の中間部に結合され、被駆動フレーム2の外側に分離して形成された駆動フレームであり、9 g, 9 hは駆動フレーム7 Aからギャップg 1の距離に形成され、駆動フレーム7 Aを静電力で駆動する際に電圧を印加される駆動電極である。

【0025】なお、この実施の形態2によるマイクロミラー装置では、動的吸振効果を利用して駆動フレーム7 Aを駆動するため（後述）、駆動フレーム7 Aのねじれ振動ほど被駆動フレーム2のねじれ振動が大きくなる。また、プライン現象を発生させないためには、駆動フレーム7 Aのねじれ振動 $\theta_d$ を小さくすることが好ましい。さらに、駆動力としての静電引力は、駆動フレーム7 Aと駆動電極9 g, 9 hとのギャップg 1の2乗に反比例するので、大きな駆動力を得るにはギャップg 1を狭くすることが好ましい。そこで、駆動フレーム7 Aと駆動電極9 g, 9 hとのギャップg 1は、被駆動フレーム2と容量検出電極8とのギャップg oより狭く設計されている（すなわち、駆動フレーム7 Aと支持基板6との間隔は、被駆動フレーム2と支持基板6との間隔より狭く設計されている）。

【0026】図におけるその他の構成要素については、実施の形態1によるものと同様であるので、その説明を省略する。

【0027】次に動作について説明する。このマイクロミラー装置においては、被駆動フレーム2、駆動フレーム7 A、ねじれ梁3およびアンカー部4が2自由度のバネマス系を構成している。一般的に2自由度のバネマス系においては、一方の質量（駆動フレーム7 A）を特定の周波数で振動させると、その振動が他方の質量（被駆動フレーム2）の逆相振動で相殺されるという動的吸振効果が生ずる。このとき、粘性ダンピングが無視できる程度に小さいと、一方の質量（駆動フレーム7 A）の振動と同相の他方の質量（被駆動フレーム2）の強制振動がほぼゼロに抑制され、他方の質量（被駆動フレーム2）は、一方の質量（駆動フレーム7 A）の振動と逆相のねじれ振動のみで振動する。

【0028】そこで、このマイクロミラー装置においては、所定のDCバイアス電圧V oおよび上記特定の周波数の、互いに逆相関係にある駆動電圧を駆動電極9 g, 9 hに印加して駆動フレーム7 Aをその特定の周波数で回転振動させ、動的吸振効果により、被駆動フレーム2の同相振動を抑制して回転振動させる。なお、このとき駆動フレーム7 Aおよび被駆動フレーム2は接地される。

【0029】図6は被駆動フレーム2および駆動フレーム7 Aについてのねじれ角と角速度との関係の一例を示すボード線図である。図6に示す関係は、粘性ダンピングが存在する場合のものである。図6に示す場合では、動的吸振効果が生ずる周波数においては、駆動フレーム

7 Aのねじれ角応答が抑制されるとともに、被駆動フレーム2が駆動フレーム7 Aから約90度の角度差で回転振動する。

【0030】このようにして、駆動フレーム7 Aのねじれ振動を抑制しつつ、低電圧で、被駆動フレーム2のねじれ振動（すなわち走査角度） $\theta_s$ を安定して大きくすることができる。

【0031】なお、大気圧下でも動的吸振効果で駆動フレーム7 Aのねじれ振動は抑制されるが、本装置を真空封止して空気による粘性ダンピングを回避し、より大きな動的吸振効果でねじれ振動は抑制する方が好ましい。図7は実施の形態2によるマイクロミラー装置を上部基板13で封止したものの一例を示す正面図であり、図8は、図7の装置のC-C線における断面図である。

【0032】図において、10は補助支持部としての外枠であり、11は駆動電極9 g, 9 hおよび容量検出電極8にそれぞれ電気的に接続された電極島であり、12は電極島11の上面に設けられ、電極島11を介して駆動電極9 g, 9 hおよび容量検出電極8にそれぞれ電気的に接続された電極パッドであり、13は電極12を外側から使用可能にするためのホール14および封止後の内部空間確保のための窪み15などが形成された例えばガラス基板などの上部基板である。

【0033】そして、支持基板6、外枠10および上部基板13を接合することにより、ミラー部1などの内部構造はハーメチックシールされ、外部からの汚染が防止される。なお、封止接合のためには、陽極接合法などを利用し、内部を真空にすることが可能である。

【0034】以上のように、この実施の形態2によれば、ミラー部1を有する被駆動フレーム2と分離して外側に駆動フレーム7 Aを形成し、駆動フレーム7 Aの動的吸振効果を利用し、駆動フレーム7 A自体のねじれ振動が被駆動フレーム2の逆相ねじれ振動で抑制されるようにしたので、駆動フレーム7 Aと駆動電極9 g, 9 hとの間のギャップを狭くして静電駆動力を大きくすることができ、低い駆動電圧で、ミラー部1の走査角度を制御可能な状態で大きくすることができるという効果が得られる。

【0035】なお、上記実施の形態1, 2においては、被駆動フレーム2と容量検出電極8との間の静電容量の変化から走査角度 $\theta_s$ が検出されているが、ねじれ梁3の表面にピエゾ抵抗体を形成し、そのピエゾ抵抗体のねじれ角に対応した抵抗変化をブリッジ回路などで測定して走査角度 $\theta_s$ を検出するようにしてもよい。

【0036】また、上記実施の形態1, 2においては、駆動電極9 a~9 f（9 g, 9 h）と容量検出電極8は構造的に分離しているが、駆動電極9 a~9 f（9 g, 9 h）と容量検出電極8とを一体化して形成し、必要に応じて電気的に両者を分離可能なように構成するようにしてもよい。

【0037】さらに、ねじれ梁3の幅は図1に示すように均一にしてもよいし、例えば図4に示すように不均一にしてもよい。

【0038】なお、上記実施の形態2において装置を封止する例を示したが、実施の形態1による装置を同様に封止するようにしてもよい。

【0039】また、上記実施の形態1、2では本発明を適用した1軸のねじれ構造を有するマイクロミラー装置を示したが、同様に2軸のねじれ構造を有するマイクロミラー装置に適用することも勿論可能である。

【0040】さらに、上記実施の形態1、2においては、ミラー部1が被駆動フレーム2の表面（すなわち、支持基板6に対向する面の反対側の面）に形成されているが、被駆動フレーム2の裏面、または両面に形成されるようにしてもよい。その場合、裏面のミラー部1に光ビームが入射可能のように支持基板6および容量検出電極8などの構造を変更する。

【0041】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、ねじれ梁の中間部に結合され、被駆動フレームの外側に形成された駆動フレームと、駆動フレームを駆動する駆動電圧を印加される駆動電極とを備えるように構成したので、静電引力を発生させる面積（駆動フレームの面積）および駆動フレームのねじれモーメントを簡単に大きくすることができ、低電圧で所望の走査角度でミラー部を駆動することができるという効果がある。

【0042】この発明によれば、少なくとも2つの駆動フレームが並列にねじれ梁の中間部に結合されるように構成したので、各駆動フレームのねじれ角の総和がミラー部の走査角度になり、大きな走査角度で安定に駆動することができるという効果がある。

【0043】この発明によれば、動的吸振効果の生ずる周波数の駆動電圧を駆動電極に印加するように構成したので、駆動フレームのねじれ振動を抑制することができ、

被駆動フレームのミラー部の走査角度を制御可能な状態で大きくすることができるという効果がある。

【0044】この発明によれば、駆動フレームと基板との距離が被駆動フレームと基板との距離より短くなるように構成したので、駆動フレームと駆動電極との間のギャップが狭くなり静電駆動力を大きくすることができ、低い駆動電圧で、ミラー部の走査角度を制御可能な状態で大きくすることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1によるマイクロミラー装置の構成例を示す正面図である。

【図2】 図1のマイクロミラー装置のA-A線における断面図である。

【図3】 図1および図2のマイクロミラー装置の駆動電極に印加する駆動電圧の例を示す図である。

【図4】 この発明の実施の形態2によるマイクロミラー装置の構成例を示す正面図である。

【図5】 図4のマイクロミラー装置のA-A線における断面図である。

【図6】 被駆動フレームおよび駆動フレームについてのねじれ角と角速度との関係の一例を示すボード線図である。

【図7】 実施の形態2によるマイクロミラー装置を上部基板13で封止したものの一例を示す正面図である。

【図8】 図7の装置のC-C線における断面図である。

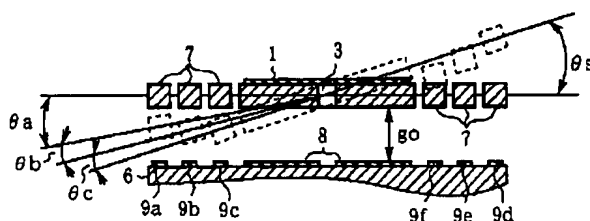
【図9】 従来のマイクロミラー装置の構成例を示す正面図である。

【図10】 図9のマイクロミラー装置のA-A線における断面図である。

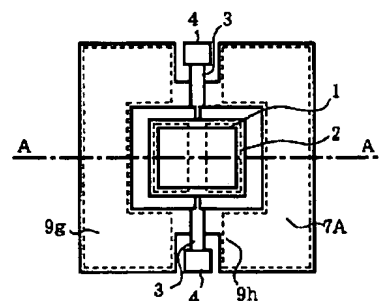
【符号の説明】

1 ミラー部、2 被駆動フレーム、3 ねじれ梁、4 アンカー部、7、7A 駆動フレーム、9a～9h 駆動電極。

【図2】



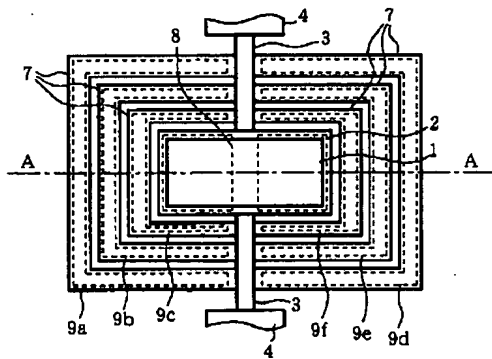
【図4】



7A: 駆動フレーム  
9g, 9h: 駆動電極

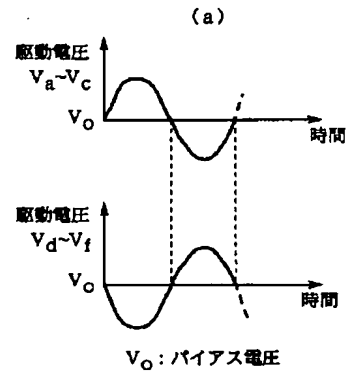
BEST AVAILABLE COPY

【図 1】

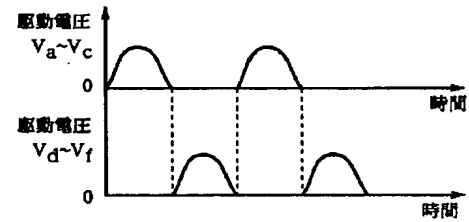


- 1: ミラー部
- 2: 被駆動フレーム
- 3: ねじれ梁
- 4: アンカー部
- 7: 駆動フレーム
- 9a~9f: 駆動電極

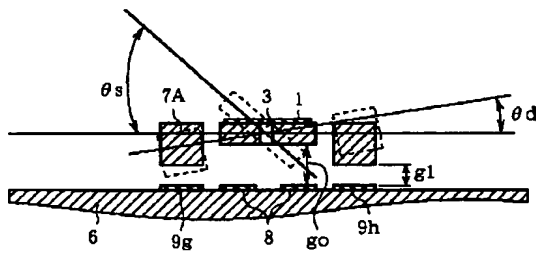
【図 3】



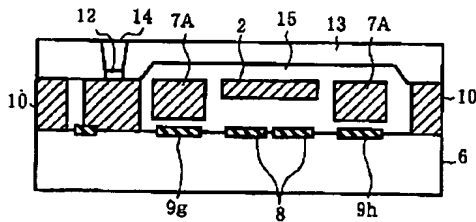
(b)



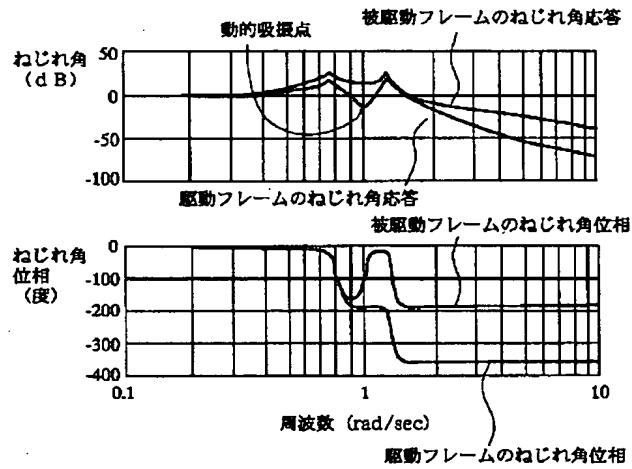
【図 5】



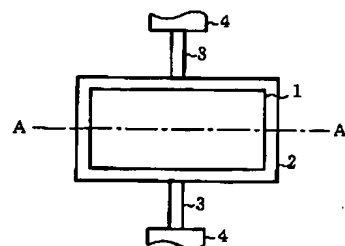
【図 8】



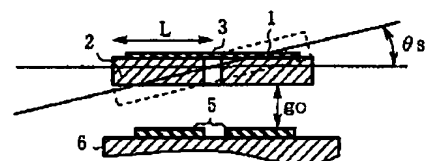
【図 6】



【図 9】

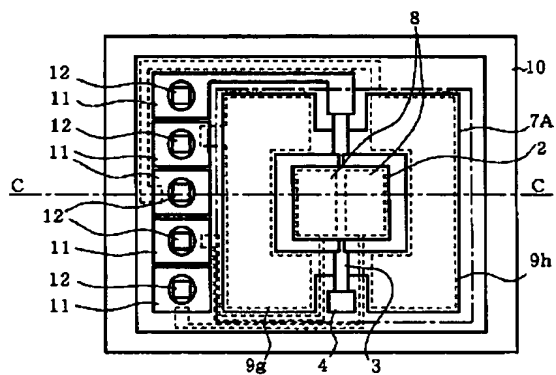


【図 10】



BEST AVAILABLE COPY

【図 7】



BEST AVAILABLE COPY